

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-251701

(43)Date of publication of application : 14.09.2001

(51)Int.Cl.

B60L 7/14

B60L 9/18

(21)Application number : 2000-065715

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 06.03.2000

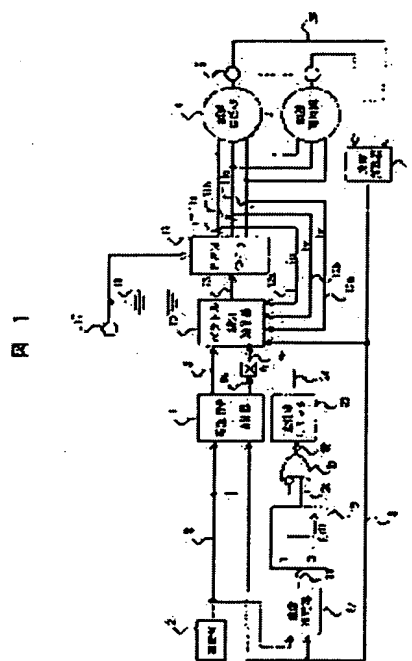
(72)Inventor : SHIMADA MOTOMI  
KOJIMA TETSUO  
NAKADA KIYOSHI  
TOYODA EIICHI  
SEKIZAWA TOSHIHIKO

## (54) CONTROL DEVICE FOR ELECTRIC CAR

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To determine electric brake cancellation timing for completely stopping at a speed zero in electric brake control, and establish both reliable stop and comfortable riding by reducing brake power at a specific change rate.

**SOLUTION:** A power converter is controlled by a power converter control means for controlling the torque of an electric motor, deceleration is calculated, based on the detected speed of the electric motor that is the output of a speed detection means, the succeeding speed of the electric motor is estimated, based on the detected speed and deceleration of the electric motor, when the detected speed of the electric motor is lower than a specific speed, and torque control is made by the power converter control means, based on the estimated speed.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

07.04.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(43)公開日 平成13年9月14日(2001.9.14)

5 H 1 1 5

審査請求 未請求 請求項の数6 OL (全 7 頁)

弁理士 小川 勝男 (外1名)

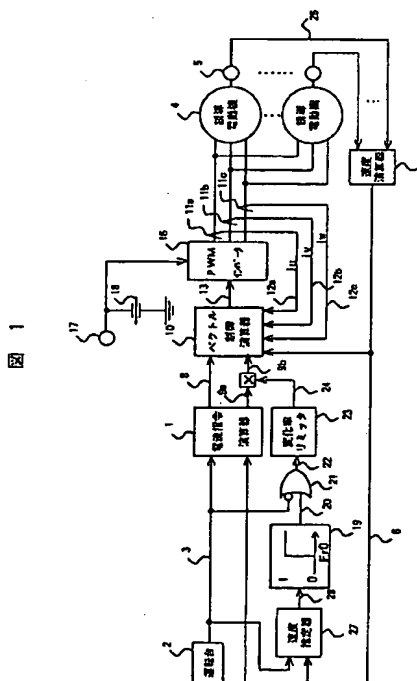
**最終頁に続く**

(54)【発明の名称】 電気車の制御装置

(57) 【要約】

【課題】電気ブレーキ制御において速度零で完全に停止する電気ブレーキ解除タイミングを決定し、またブレーキ力を所定の変化率で立ち下げることで確実な停止と良好な乗り心地を両立させることである。

【解決手段】電力変換器制御手段により電力変換器を制御して電動機のトルクを制御し、速度検出手段の出力である電動機の検出速度に基づき減速度を演算し、電動機の検出速度が所定速度を下回った時点における電動機の検出速度および減速度に基づいて以後の電動機を速度を推定し、その推定速度に基づいて電力変換器制御手段によるトルク制御を行う。



**【特許請求の範囲】**

【請求項1】 電動機を駆動する電力変換器と、前記電動機を検出する速度検出手段と、前記電動機のトルクを制御するために前記電力変換器を制御する電力変換器制御手段と、前記速度検出手段の出力である前記電動機の検出速度に基づき減速度を演算する手段を備えた電気車の制御装置において、前記電動機の検出速度が所定速度を下回った時点における前記電動機の検出速度および減速度に基づいて以後の前記電動機を推定し、その推定速度に基づいて前記電力変換器制御手段によるトルク制御を行うことを特徴とする電気車の制御装置。

【請求項2】 請求項1に記載の電気車の制御装置において、前記トルク制御は、前記電動機の推定速度が所定速度を下回った時点でトルクを所定変化率で減少させる電気車の制御装置。

【請求項3】 電動機を駆動する電力変換器と、前記電動機を検出する電動機速度検出手段と、前記電動機のトルクを制御するために前記電力変換器を制御する電力変換器制御手段と、前記電動機の検出速度に基づき減速度を演算する手段を備えた電気車の制御装置において、前記電力変換器を制御する電力変換器制御手段は、前記電動機の検出速度が所定速度を下回った時点でトルクを所定変化率で減少させるようにトルク制御することを特徴とする電気車の制御装置。

【請求項4】 請求項3の電気車の制御装置において、前記トルク制御は、前記電動機の検出速度または前記推定速度が所定速度を下回った時点でトルクを所定変化率で減少させる電気車の制御装置。

【請求項5】 請求項3の電気車の制御装置において、前記トルク制御は、前記電動機の検出速度と前記推定速度の最小値が所定速度を下回った時点でトルクを所定変化率で減少させることを特徴とする電気車の制御装置。

【請求項6】 電動機を駆動する電力変換器と、前記電動機を検出する電動機速度検出手段と、前記電動機のトルクを制御するために前記電力変換器を制御する電力変換器制御手段と、前記電動機の検出速度に基づき減速度を演算する手段を備えた電気車の制御装置において、前記電動機の検出速度が所定速度を下回った時点における、前記電動機の検出速度および前記減速度に基づいてそれ以後の前記電動機を推定し、前記電力変換器を制御する電力変換器制御手段は、前記電動機の検出速度または前記推定速度に基づいてトルク制御を行うことを特徴とする電気車の制御装置。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【発明の属する技術分野】 本発明は、電気車の制御装置、特にブレーキ力を所定の変化率で減少することにより乗り心地の悪化を防止し、また速度零で完全に停止する電気ブレーキ解除タイミングを電動機の回転速度およ

び回転減速度に基づいて導出する電気車制御装置に関する。

**【0002】**

【従来の技術】 従来、電気車では電気ブレーキと空気ブレーキを併用したブレーキ制御を行うのが一般的であり、特に速度が所定速度以下から停止までは空気ブレーキのみで制動している。これは、電動機の回転速度検出に1回転当たりのパルス数が少ない安価なパルスジェネレータを用いていることから、停止間際の極低速域では速度零を把握する速度検出精度が得られず、電気ブレーキでは低速で十分な制動力制御ができないのに対し、空気ブレーキでは確実に停止まで制動力を得られるためである。この電気ブレーキから空気ブレーキの切り換えを両者のブレーキ力の和が一定となるよう制御し、停止まではほぼ一定の減速力を維持している。

【0003】 実際の回生ブレーキ力を空気ブレーキ装置に与える際、ブレーキステップ及び応荷重条件からなるブレーキ力指令全領域について、空気ブレーキの作用遅れを加味した係数を実際の回生ブレーキ力に乗算し、回生ブレーキと空気ブレーキの切換え時の円滑化を図った制御方式として特開平7-7806号公報の「電気車の回生ブレーキ制御方式」がある。

【0004】 また、電気ブレーキの制御方式については、速度低下とともに前進ブレーキより後進力行に切り替えて制動力を得る逆相電気ブレーキ方式において、制動時の電気車の速度が零になったことを検知する逆相電気ブレーキにおける速度零検知方式に関する特開平11-234804号公報に示されている「電気車の逆相電気ブレーキ制御方法及び装置」がある。

**【0005】**

【発明が解決しようとする課題】 特開平7-7806号公報の「電気車の回生ブレーキ制御方式」は、回生ブレーキと空気ブレーキの切換え時のショック防止に効果的であるが、空気ブレーキは天候等の状況によってブレーキ力の指令値に対する実際のブレーキ力が変化しやすく、回生ブレーキから空気ブレーキに切り換えた後のブレーキ操作性が悪くなるという問題があった。また、低速域での空気ブレーキ投入時に発生しやすいブレーキ鳴きによる騒音、ブレーキシュー（ブレーキパッド）の交換作業に対するコストを考慮すると、空気ブレーキの使用頻度を極力低減することが望ましい。

【0006】 また、特開平11-234804号公報の「電気車の逆相電気ブレーキ制御方法及び装置」は、停止時の乗り心地に大きく影響すると考えられるトルクの立ち下げ方式については明記されていない。

【0007】 本発明の目的は、電気ブレーキで停止する電気車の制御装置において、特にブレーキ制御において速度零で完全に停止する電気ブレーキ解除タイミングを決定し、またブレーキ力を所定の変化率で減少することにより確実な停止と良好な乗り心地を両立できる電気車

の制御装置を提供することである。

【0008】

【課題を解決するための手段】停止直前のブレーキ力を所定の変化率で減少することでブレーキ力急変によるショックを軽減し、また速度零で完全に停止するように、ブレーキ力を減少する変化率および速度検知のおくれを考慮した電気ブレーキ解除タイミングをモータの回転速度および回転減速度に基づいて導出する。

【0009】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を図面を用いて説明する。

【0010】図1は、本発明の電気車の制御装置の一実施形態を示すブロック図である。電流指令演算器1は、運転台2でブレーキ投入中に「1」を出力するブレーキ指令フラグ3および基準回転速度信号6が入力され、励磁電流指令8とトルク電流パターン9aが生成される。

【0011】ここで、基準回転速度信号6は、1台あるいは複数台の誘導電動機4(または図示しない車輪)に連動した回転速度検出器5から得られる回転速度信号26を速度演算器25においてある規則に従って導出する。ベクトル制御演算器10には、基準回転速度信号6と励磁電流指令8とトルク電流パターン9bと電流検出器11a、11b、11cから得られる電動機電流検出値12a、12b、12cが入力され、インバータの出力電圧の電圧指令13が生成される。

【0012】パルス幅変調インバータ(以下PWMインバータと略称する)16では電圧指令13が入力され、これにより演算されるゲート信号により主回路を構成するスイッチング素子を動作させ、直流電源17からフィルタコンデンサ18を介して得られる直流電力が三相交流電力に変換され、その電力は誘導電動機3に供給される。

【0013】速度推定器27はブレーキ指令フラグ3と基準回転速度信号6を入力とし、ブレーキ投入中に基準回転速度信号6がある設定値 $F_{r0}$ (Hz)を下回ったとき、そのときの減速度 $\beta$ (Hz/s)を基準回転速度信号6の微分演算により求め記憶し、次式により演算した推定回転速度信号28を出力する。

【0014】

【数1】 $F_{rh} = F_{rb} - \beta t$

ここで、 $F_{rh}$ (Hz)は、推定回転速度信号28、 $F_{rb}$ (Hz)は、速度推定を開始する速度、 $\beta$ (Hz/s)は、 $F_{rb}$ (Hz)での減速度の記憶値、 $t$ (s)は、 $F_{rb}$ (Hz)を下回った時点と等としたときの時間である。

【0015】比較器19は、推定回転速度信号28を入力とし、推定回転速度信号28が $F_{r0}$ (Hz)よりも大きいとき「1」である速度フラグ20を出力する。論理和回路20はブレーキ指令フラグ3の否定と速度フラグ20より電気ブレーキ動作フラグ21を生成する。すなわち電気ブレーキ動作フラグ21は、力行・惰行時とブレーキ時で推定回転速度信号28が $F_{r0}$ (Hz)よりも高いときは「1」、ブレーキ

中に推定回転速度信号28が $F_{r0}$ (Hz)以下となったとき「0」となる。

【0016】ブレーキトルク立ち下げ信号24は、電気ブレーキ動作フラグ21を入力とするリミット値 $-1/t_d$ (1/s)を下限とする変化率リミット23より出力される。ブレーキトルク立ち下げ信号24は、トルク電流パターン9aに乗算することで、ブレーキ中に回転速度信号6が $F_{r0}$ (Hz)以下となった時点でトルク電流パターンは $t_d$ (s)間でランプ立ち下げる。

【0017】このようにトルク電流パターン9bをランプ状に立ち下げることで電気ブレーキ緩解時のショックが緩和され、乗り心地の悪化を防止できる。ここで、ブレーキ時のトルク電流立ち下げ開始速度である $F_{r0}$ (s)およびトルク電流立ち下げ時間である $t_d$ (s)は乗り心地を確保しかつ確実に停止するように設定する。

【0018】図2は本発明の電気車の制御装置の一実施形態におけるブレーキ時の速度および各部信号の時間的關係を示す波形図である。

【0019】時刻0においてブレーキ指令フラグ3は「1」であり、ブレーキ投入中を示している。このとき、基準回転速度信号6が十分高い間は、速度フラグ19と電気ブレーキ動作フラグ22は「1」である。いま、一定減速度での減速を維持し、基準回転速度信号6の点線のように速度 $t_0$ で停止させるためには、トルク電流パターン9は点線のパターン①のように時刻 $t_0$ でステップ的に立ち下げる方法が考えられる。

【0020】しかし、このようにトルク電流パターン9を急激に変化させると、ブレーキ力急変によるショックで乗り心地が悪化し好ましくない。そこで、一点鎖線で示すパターン②で時刻 $t_0$ から $t_d$ (s)間でランプ状に立ち下げることでブレーキ力急変時のショックを緩和することを考える。ところが、時刻 $t_0$ (s)からトルク電流パターン9を立ち下げ始めたのでは、時刻 $t_0$ (s)以降 $t_d$ (s)間は後進力行することになり停止状態を維持することはできない。

【0021】そこで、一定減速度で停止すると仮定した時刻 $t_0$ (s)よりもトルク電流パターン9のランプ状立ち下げ時間の半分である $t_d/2$ (s)だけ早く速度フラグ19(電気ブレーキ動作フラグ22)を立ち下げると、トルク電流パターン9が完全に立ち下がる時刻 $(t_0 + t_d/2)$ (s)で丁度基準回転速度信号6も等となり、完全に停止しかつ停止状態を維持することができる。

【0022】以上より、一定減速度 $\beta$ (Hz/s)で減速中にトルク電流パターン9を $t_d$ (s)間でランプ状に立ち下げ完全に停止する場合に速度フラグ19を立ち下げるべき回転速度 $F_{r0}$ (Hz)は次式で求められる。

【0023】

【数2】 $F_{r0} = \beta \times t_d/2$

さらに、基準回転速度信号6の検出おくれ $t$ を考慮すると、速度フラグ19を立ち下げるべき回転速度 $F_{r0}$ (Hz)は

次式で求められる。

【0024】

【数3】  $Fr0 = \beta \times (td/2 + dt)$

ここで基準回転速度信号6の検出おくれdtとしては、例えばノイズ除去のために導入する1次遅れ要素の時定数などが考えられる。

【0025】図3は、本発明の電気車の制御装置の第2実施例の形態を示すブロック図である。電流指令演算器1は、運転台2でブレーキ投入中に「1」を出力するブレーキ指令フラグ3および基準回転速度信号6が入力され、励磁電流指令8とトルク電流パターン9aが生成される。

【0026】ここで、基準回転速度信号6は、1台あるいは複数台の誘導電動機4(または図示しない車輪)に連動した回転速度検出器5から得られる回転速度信号26を速度演算器25においてある規則に従って導出する。

【0027】ベクトル制御演算器10には、基準回転速度信号6と励磁電流指令8とトルク電流パターン9bと電流検出器11a、11b、11cから得られる電動機電流検出値12a、12b、12cが入力され、インバータの出力電圧の電圧指令13が生成される。

【0028】PWMインバータ16では電圧指令13が入力され、これにより演算されるゲート信号により主回路を構成するスイッチング素子を動作させ、直流電源17からフィルタコンデンサ18を介して得られる直流電力が三相交流電力に変換され、その電力は誘導電動機3に供給される。

【0029】比較器19は基準回転速度信号6を入力とし、基準回転速度信号6がFr0(Hz)よりも大きいとき「1」である速度フラグ20を出力する。

【0030】論理和回路20はブレーキ指令フラグ3の否定と速度フラグ20より電気ブレーキ動作フラグ21を生成する。すなわち電気ブレーキ動作フラグ21は、力行・惰行時とブレーキ時で基準回転速度信号6がFr0(Hz)よりも高いときは「1」、ブレーキ中に基準回転速度信号6がFr0(Hz)以下となったとき「0」となる。

【0031】ブレーキトルク立ち下げ信号24は、電気ブレーキ動作フラグ21を入力とするリミット値 $-1/td(1/s)$ を下限とする変化率リミット23より出力される。ブレーキトルク立ち下げ信号24は、トルク電流パターン9aに乘算することで、ブレーキ中に回転速度信号6がFr0(Hz)以下となった時点でトルク電流パターンはtd(s)間でランブ立ち下げる。

【0032】このようにトルク電流パターン9をランブ状に立ち下げることで電気ブレーキ緩解時のショックが緩和され、乗り心地の悪化を防止できる。ここで、ブレーキ時のトルク電流立ち下げ開始速度であるFr0(s)およびトルク電流立ち下げ時間であるtd(s)は乗り心地を確保しかつ確実に停止するように設定する。

【0033】図4は、本発明の電気車の制御装置の第3実施例の形態を示すブロック図である。電流指令演算器

1は、運転台2でブレーキ投入中に「1」を出力するブレーキ指令フラグ3および基準回転速度信号6が入力され、励磁電流指令8とトルク電流パターン9aが生成される。

【0034】ここで、基準回転速度信号6は、1台あるいは複数台の誘導電動機4(または図示しない車輪)に連動した回転速度検出器5から得られる回転速度信号26を速度演算器25においてある規則に従って導出する。

【0035】ベクトル制御演算器10には、基準回転速度信号6と励磁電流指令8とトルク電流パターン9bと電流検出器11a、11b、11cから得られる電動機電流検出値12a、12b、12cが入力され、インバータの出力電圧の電圧指令13が生成される。PWMインバータ16では電圧指令13が入力され、これにより演算されるゲート信号により主回路を構成するスイッチング素子を動作させ、直流電源17からフィルタコンデンサ18を介して得られる直流電力が三相交流電力に変換され、その電力は誘導電動機3に供給される。

【0036】速度推定器27はブレーキ指令フラグ3と基準回転速度信号6を入力とし、ブレーキ投入中に基準回転速度信号6がある設定値Frb(Hz)を下回ったとき、そのときの減速度 $\beta$  (Hz/s)を基準回転速度信号6の微分演算により求め記憶し、次式により演算した推定回転速度信号28を出力する。

【0037】

【数4】  $Frh = Frb - \beta t$

ここで、Frh(Hz)は、推定回転速度信号28、Frb(Hz)は、速度推定を開始する速度、 $\beta$  (Hz/s)は、Frb(Hz)での減速度の記憶値、t(s)は、Frb(Hz)を下回った時点と零としたときの時間である。

【0038】比較器19aは基準回転速度信号6を入力とし、基準回転速度信号6がFr0(Hz)よりも大きいとき「1」である速度フラグ20aを出力する。比較器19bは推定回転速度信号28を入力とし、推定回転速度信号28がFr0(Hz)よりも大きいとき「1」である速度フラグ20bを出力する。

【0039】論理和回路29は、速度フラグ20a、20bの論理和から速度フラグ20cを生成する。即ち速度フラグ20a、20bのどちらか一方でも「1」となると、速度フラグ20cは「1」となる。

【0040】論理和回路20はブレーキ指令フラグ3の否定と速度フラグ20cより電気ブレーキ動作フラグ21を生成する。すなわち電気ブレーキ動作フラグ21は、力行・惰行時とブレーキ時で基準回転速度信号6および推定回転速度信号28がFr0(Hz)よりも高いときは「1」、ブレーキ中に基準回転速度信号6または推定回転速度信号28がFr0(Hz)以下となったとき「0」となる。

【0041】ブレーキトルク立ち下げ信号24は、電気ブレーキ動作フラグ21を入力とするリミット値 $-1/td(1/s)$ を下限とする変化率リミット23より出力される。ブレーキトルク立ち下げ信号24は、トルク電流パターン9aに乘

算することで、ブレーキ中に基準回転速度信号6または推定回転速度信号28が $Fr0$  (Hz) 以下となった時点でトルク電流パターンは $td$  (s) 間でランプ立ち下げる。

【0042】このようにトルク電流パターン9をランプ状に立ち下げることで電気ブレーキ緩解時のショックが緩和され、乗り心地の悪化を防止できる。ここで、ブレーキ時のトルク電流立ち下げ開始速度である $Fr0$  (s) およびトルク電流立ち下げ時間である $td$  (s) は乗り心地を確保しかつ確実に停止するように設定する。

【0043】図5は、本発明の電気車の制御装置の第4実施例の形態を示すブロック図である。電流指令演算器11は、運転台2でブレーキ投入中に「1」を出力するブレーキ指令フラグ3および基準回転速度信号6が入力され、励磁電流指令8とトルク電流パターン9aが生成される。ここで、基準回転速度信号6は、1台あるいは複数台の誘導電動機4(または図示しない車輪)に連動した回転速度検出器5から得られる回転速度信号26を速度演算器25においてある規則に従って導出する。

【0044】ベクトル制御演算器10には、基準回転速度信号6と励磁電流指令8とトルク電流パターン9bと電流検出器11a、11b、11cから得られる電動機電流検出値12a、12b、12cが入力され、インバータの出力電圧の電圧指令13が生成される。PWMインバータ16では電圧指令13が入力され、これにより演算されるゲート信号により主回路を構成するスイッチング素子を動作させ、直流電源17からフィルタコンデンサ18を介して得られる直流電力が三相交流電力に変換され、その電力は誘導電動機3に供給される。

【0045】速度推定器27はブレーキ指令フラグ3と基準回転速度信号6を入力とし、ブレーキ投入中に基準回転速度信号6がある設定値 $Fr_b$  (Hz) を下回ったとき、そのときの減速度 $\beta$  (Hz/s) を基準回転速度信号6の微分演算により求め記憶し、次式により演算した推定回転速度信号28を出力する。

【0046】

$$【数5】 Fr_h = Fr_b - \beta t$$

ここで、 $Fr_h$  (Hz) は、推定回転速度信号28、 $Fr_b$  (Hz) は、速度推定を開始する速度、 $\beta$  (Hz/s) は、 $Fr_b$  (Hz) での減速度の記憶値、 $t$  (s) は、 $Fr_b$  (Hz) を下回った時点からとしたときの時間である。

【0047】選択器30は、基準回転速度信号6と推定回転速度信号28を入力としどちらか小さい方を選択し最小回転速度信号31として出力する。比較器19は最小回転速度信号31を入力とし、最小回転速度信号31が $Fr0$  (Hz) よりも大きいとき「1」である速度フラグ20aを出力する。

【0048】論理和回路20はブレーキ指令フラグ3の否定と速度フラグ20cより電気ブレーキ動作フラグ21を生成する。すなわち電気ブレーキ動作フラグ21は、力行・

惰行時とブレーキ時で基準回転速度信号6および推定回転速度信号28が $Fr0$  (Hz) よりも高いときは「1」、ブレーキ中に基準回転速度信号6または推定回転速度信号28が $Fr0$  (Hz) 以下となったとき「0」となる。

【0049】ブレーキトルク立ち下げ信号24は、電気ブレーキ動作フラグ21を入力とするリミッタ値 $-1/td$  (1/s) を下限とする変化率リミッタ23より出力される。ブレーキトルク立ち下げ信号24は、トルク電流パターン9aに乗算することで、ブレーキ中に基準回転速度信号6または推定回転速度信号28が $Fr0$  (Hz) 以下となった時点でトルク電流パターンは $td$  (s) 間でランプ立ち下げる。

【0050】このようにトルク電流パターン9をランプ状に立ち下げることで電気ブレーキ緩解時のショックが緩和され、乗り心地の悪化を防止できる。ここで、ブレーキ時のトルク電流立ち下げ開始速度である $Fr0$  (s) およびトルク電流立ち下げ時間である $td$  (s) は乗り心地を確保しかつ確実に停止するように設定する。

【0051】

【発明の効果】本発明によれば、終端速度でのブレーキ力を所定の変化率で減少することで乗り心地を悪化を防止し、終端速度でのブレーキ力を減少する変化率および速度検知のおくれを考慮した電気ブレーキ解除タイミングをモータの回転速度および回転減速度に基づいて導出することで、速度零で完全に停止することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の電気車の制御装置の一実施形態を示すブロック図である。

【図2】本発明の電気車の制御装置の一実施形態におけるブレーキ時の速度および各部信号の時間的關係を示す波形図である。

【図3】本発明の電気車の制御装置の第2の実施形態を示すブロック図である。

【図4】本発明の電気車の制御装置の第3の実施形態を示すブロック図である。

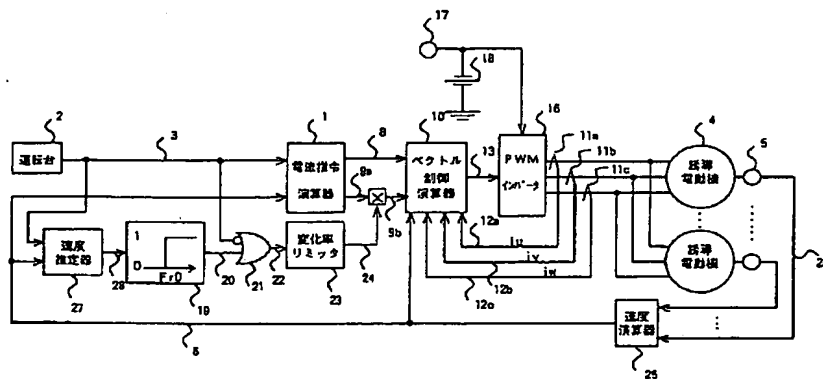
【図5】本発明の電気車の制御装置の第4の実施形態を示すブロック図である。

【符号の説明】

1…電流指令演算器、2…運転台、3…ブレーキ指令フラグ、4…誘導電動機、5…回転速度検出器、6…基準回転速度信号、8…励磁電流指令、9…トルク電流パターン、10…ベクトル制御演算器、11…電流検出器、12…電動機…電流検出値、13…電圧指令、16…PWMインバータ、17…直流電源、18…フィルタコンデンサ、19：比較器、20：速度フラグ、21：論理和回路、22…電気ブレーキ動作フラグ、23…変化率リミッタ、24…ブレーキトルク立ち下げ信号、25…速度演算器、26…回転速度信号、27…速度推定器、28…推定回転速度信号、29…論理和回路、30…選択器、31…最小回転速度信号。

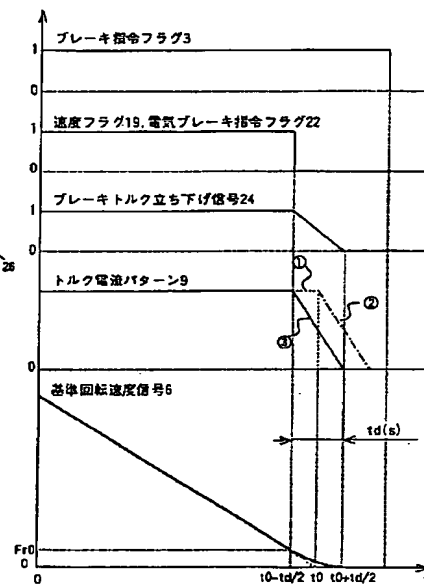
【図1】

図 1



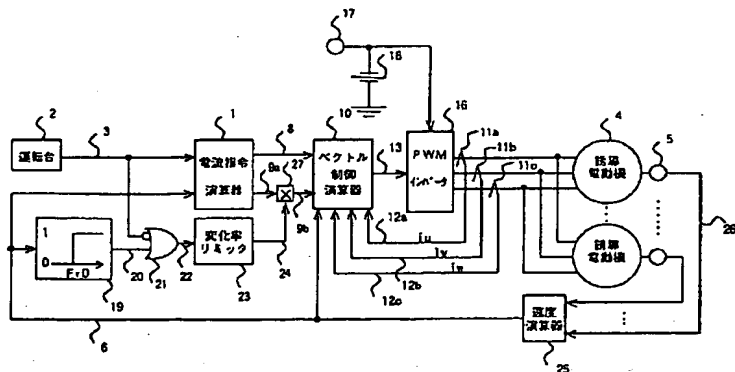
【図2】

図 2



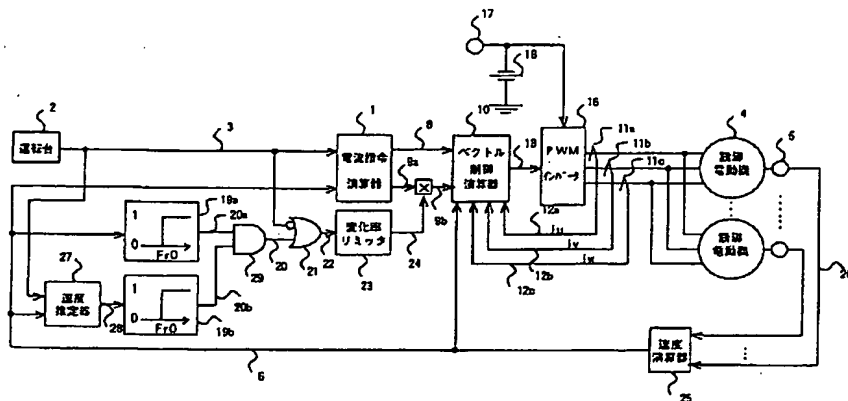
【図3】

図 3



【図4】

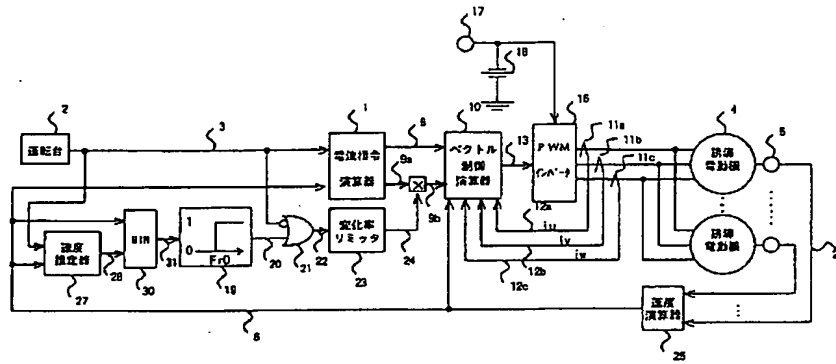
図 4





【図5】

図 5



フロントページの続き

(72)発明者 仲田 清  
茨城県ひたちなか市市毛1070番地 株式会  
社日立製作所水戸事業所内  
(72)発明者 豊田 瑛一  
茨城県ひたちなか市市毛1070番地 株式会  
社日立製作所水戸事業所内

(72)発明者 関澤 俊彦  
茨城県ひたちなか市市毛1070番地 株式会  
社日立製作所水戸事業所内  
Fターム(参考) 5H115 PA01 PC02 PG01 PI03 PU09  
PV09 QE12 Q104 QN03 QN09  
QN24 QN27 QN28 RB22 RB26  
TB02 TB03 TO12